



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 センサ基板に基板面内方向に振動する第1の振動体が形成され、この第1の振動体には、センサ基板の第1の回転軸方向および前記第1の振動体の振動方向に共に直交する方向に振動する第2の振動体と、前記第1の回転軸方向と異なる第2の回転軸の方向および前記第1の振動体の振動方向に共に直交する方向に振動する第3の振動体とが設けられており、前記第1の振動体の振動励振器と、第2の振動体の振動の大きさを検出する第1の振動検出器と、第3の振動体の振動の大きさを検出する第2の振動検出器とが設けられている角速度センサ。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、自動車等に用いられる角速度センサに関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】 図4には、従来の2軸回りの角速度を検出する角速度センサが示されている。この角速度センサ1は、H形状の振動体2A、2Bを直交させて1本の支持棒3に固定したもので、このH形状の振動体2Aの側面には励振用の圧電素子4が張り付けられており、振動体2Bの側面には励振用圧電素子5が張り付けられている。また、支持棒3の一方側の側面には検出用圧電素子6が張り付けられ、この面に直角な面には検出用圧電素子7が張り付けられている。

【0003】 前記、振動体2Aの励振用圧電素子4に交流電圧を加えて励振用圧電素子4をX軸方向に振動させる。それにより、振動体2Aは音叉の振動を起こす。この状態で、例えば、センサをZ軸回りに角速度がかかると、回転軸方向（Z軸方向）と振動方向（X軸方向）に共に直交する方向（Y軸方向）にコリオリの力が働いて、支持棒3に張り付けた検出用圧電素子6にその力が加わり、圧電素子6は歪を発生する。この歪の大きさの電気信号を検出することにより、Z軸回りの角速度を検知することができる。また、振動体2Bの励振用圧電素子5をY軸方向に振動し、このセンサをX軸回りに角速度がかかると、Z軸方向にコリオリ力が発生し、この力が支持棒3の検出用圧電素子6に加わり、圧電素子6は歪を発生する。この歪の大きさの電気信号を検出することにより、Z軸回りの角速度を検知することができる。これにより、Y軸回りとZ軸回りの2軸回りの角速度を検知する。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、前記振動体2A、2Bおよび支持棒3は機械加工によって形成されており、構造が複雑で、溶接やねじ止め等の組立作業によって組み立てるために、高精度にセンサ1を作製することは非常に困難であった。

【0005】 また、従来のH形状の振動体を有する角

速度センサは、機械加工のためにどうしても大型化が余儀なくされる。そこで、この角速度センサを小型化しようとして半導体微細加工技術を利用しようとしても、この半導体微細加工技術では支持棒3の直角な2面に同時に圧電素子6、7を形成することは極めて困難であり、H形状の角速度センサの小型化は極めて難しいという問題があった。

【0006】 本発明は、上記課題を解決するためになされたものであり、その目的は、複雑な組立作業も必要のない高精度の極めて小型で2軸方向の角速度が検出できる角速度センサを提供することにある。

## 【0007】

【課題を解決するための手段】 本発明は、上記課題を解決するために、次のように構成されている。すなわち、本発明の角速度センサは、センサ基板に基板面内方向に振動する第1の振動体が形成され、この第1の振動体には、センサ基板の第1の回転軸方向および前記第1の振動体の振動方向に共に直交する方向に振動する第2の振動体と、前記第1の回転軸方向と異なる第2の回転軸の方向および前記第1の振動体の振動方向に共に直交する方向に振動する第3の振動体とが設けられており、前記第1の振動体の振動励振器と、第2の振動体の振動の大きさを検出する第1の振動検出器と、第3の振動体の振動の大きさを検出する第2の振動検出器とが設けられていることを特徴として構成されている。

## 【0008】

【作用】 第1の振動体の振動励振器を駆動して、第1の振動体を所定の方向に振動する。この状態でセンサ基板を第1の軸回りに角速度がかかると、この回転軸方向および第1の振動体の振動方向に共に直交する方向にコリオリ力が働き、第2の振動体にコリオリ力の方向の振動が加えられ、第2の振動体はコリオリ力の方向に振動する。次に、第1の回転軸と異なる第2の軸回りに角速度がかかると、この第2の回転軸方向と、第1の振動体の振動方向に共に直交する方向にコリオリ力が働き、第3の振動体にコリオリ力の方向の振動が加えられ、第3の振動体はコリオリ力の方向に振動する。前記第2の振動体の振動の大きさを第1の振動検出器によって測定して、第1の回転軸回りの角速度を検出し、第3の振動体の振動の大きさを第2の振動検出器で測定することで、第2の回転軸回りの角速度を検出する。

## 【0009】

【実施例】 以下、本発明の実施例を図面に基づいて説明する。図1には、本実施例の角速度センサが示されている。本実施例は、シリコンの半導体微細加工の技術を利用して2軸回りの角速度を検出する角速度センサ20を形成したものである。図1において、四角形状のシリコン材等のセンサ基板11上には、隙間8を介してポリシリコン等の上側基板13が酸化膜等の支持棒12によって支持されている。この上側基板13には第1の振動体10が形成さ

れており、この第1の振動体10には、センサ基板11の第1の回転軸方向（例えばZ軸方向）および前記第1の振動体10の振動方向（Y軸方向）に共に直交する方向（X軸方向）に振動し、かつ、第1の振動体10と共振周波数が同じである第2の振動体16と、前記第1の回転軸方向（Z軸方向）と異なる第2の回転軸方向（例えばX軸方向）と第1の振動体10の振動方向（Y軸方向）に共に直交する方向（Z軸方向）に振動し、かつ、第1の振動体10と共振周波数が同じである第3の振動体17が半導体微細加工技術によって形成されている。

【0010】また、上側基板13の左右端縁部には、内側に向かって複数の凹凸が突出した櫛形電極9Aが固定配置されており、この櫛形電極9Aに対向する位置の第1の振動体10側には、この櫛形電極9Aと噛み合う状態の可動用の櫛形電極9Bが隙間を介して配置され、櫛形電極9A、9Bが第1の振動体10の振動励振器14として機能している。この櫛形電極9A、9Bに交流電圧を印加すると、第1の振動体10は櫛形電極9A、9Bで発生する静電力によってY軸方向に振動する構成となっている。Si基板上に形成した素子に対しては、このような櫛形電極を用いることで比較的大きな振幅で振動させることができ、角速度センサとしての感度を向上できる。

【0011】また、第2の振動体16の両側（図1の（a）の紙面の前後方向）には、第2の振動体16側に可動用櫛形電極19Bが、この櫛形電極19Bに対向する位置の第1の振動体10側には櫛形電極19Aが前記櫛形電極19Bと噛み合う状態で隙間を介して配置され、この櫛形電極19A、19Bが第2の振動体16の振動の大きさを検出する第1の振動検出器15として機能している。

【0012】さらに、図1の（b）に示されるように、第3の振動体17の下側には隙間21を介して、例えば、ボロンやリン等をドーパした導電性の電極18が設けられ、この導電性電極18が第3の振動体17のZ軸方向の振動の大きさを検出する第2の振動検出器22として機能している。この第2の振動検出器22は第3の振動体17と導電性電極18間の静電容量の変化を測定することで、第3の振動体のZ軸方向の振動の大きさを検知するものである。

【0013】さらに、センサ基板11や上側基板13の適宜の位置に必要な数の導体パターンが形成されており、この導体パターンによって櫛形電極9A、9Bには図示しない電源等の駆動部から交流電流が印加されるようになっている。また、櫛形電極19A、19Bや第3の振動体17と導電性電極18も導体パターンを介して外部の図示しないパッドに接続され、これら導体パターンを介して各振動体の検出信号が取り出されるようになっている。

【0014】次に、本実施例の角速度センサ20の角速度の検出動作を図1～図3に基づいて説明する。まず、図示しない駆動部を駆動して櫛形電極9A、9Bに交流電圧を印加して静電引力により第1の振動体10をY軸方向（図1の（a）の紙面の左右方向）に振動させる。この

状態で、センサ基板がZ軸回りに角速度がかかると、図2に示すように、回転軸（Z軸）方向および第1の振動体10の振動方向（Y軸方向）に共に直交する方向（X軸方向）にコリオリの力が発生し、第2の振動体16にコリオリ力の方向の振動が加えられ、第2の振動体16がX軸方向に振動する。このコリオリ力による第2の振動体16のX軸方向の振動の大きさを第1の振動検出器15の櫛形電極19A、19Bにより静電容量の変化で測定し、Z軸回りの角速度を検出する。

10 【0015】また、X軸回りに角速度がかかると、図3に示されるように、回転軸（X軸）方向および第1の振動体10の振動方向（Y軸方向）に共に直交する方向（Z軸方向）のコリオリの力が発生し、第3の振動体17にコリオリ力の方向の振動が加えられ、第3の振動体17がZ軸方向に振動する。このコリオリ力による第3の振動体17のZ軸方向の振動の大きさを、図1の（b）に示すように、第3の振動体17のZ軸方向の振動変化を第3の振動体17と電極18間に静電容量変化として捉え、第2の振動検出器22によって容量変化を測定し、その測定値からX軸回りの角速度を検出する。このようにして、本実施例の角速度センサ20はX軸回りの角速度とZ軸回りの角速度の2軸回りの角速度を検出するものである。

【0016】本実施例によれば、半導体微細加工技術を利用してセンサ基板に2軸回りの角速度センサを形成する構成としたので、従来のように、H形状の振動体を溶接やねじ止め等の面倒な組立作業を行う必要がない。

【0017】また、本実施例の角速度センサは、従来のように、機械加工の必要がなく、半導体微細加工技術を利用して作製するので、超小型で、コストも安く、量産性に優れている。

【0018】本発明は上記実施例に限定されることはなく、様々な実施の態様を採り得る。例えば、上記実施例では、第2の振動体16および第3の振動体17の振動検出を静電容量を測定することにより検出したが、例えば、振動体16、17の梁の付け根部分等に圧電膜を形成して圧電効果を利用した検出方法を用いてもよく、振動体の振動の大きさを測定できる方法ならば、その検出方法は問わない。

【0019】また、上記実施例では、3つの振動体10、16、17を両端固定の形状としたが、全部片持ち形状としてもよく、一部を片持ち、残りを両端固定としてもよく、その組合せ方法は問わない。

【0020】さらに、上記実施例では、センサ基板の回転軸をX軸とZ軸の直交2軸に取ったが、回転軸を交叉軸の2軸としてもよい。この場合は、従来例に比べて軸方向の検出が分別しているため、混在の振動がなく、検出感度や検出精度は格段にアップし、検出性能の良いものとなる。前記、振動体10、振動体16、振動体17は同じ共振周波数で振動するとしたが、3つの振動体の共振周波数をそれぞれ、多少ずらしてもよい。

【0021】

【発明の効果】本発明は、半導体微細加工技術を利用して、センサ基板に2軸回りの角速度センサを形成する構成としたので、従来のように、H形状の振動体を溶接やねじ止め等の面倒な組立作業を行う必要がない。

【0022】また、本発明の角速度センサは、従来のように、機械加工の必要がなく、半導体微細加工技術を利用して作製するので、超小型で、コストが安く、量産性に優れている。

【図面の簡単な説明】

【図1】本実施例の角速度センサの説明図である。

【図2】本実施例に角速度センサをZ軸を回転軸として

回転したときの角速度検出動作の説明図である。

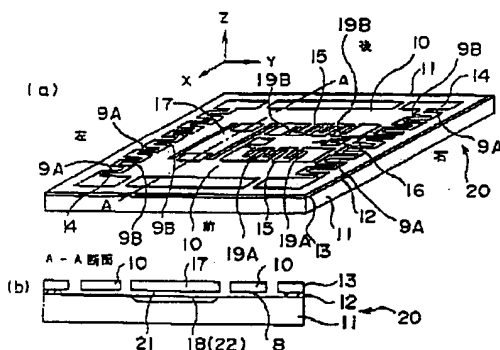
【図3】本実施例の角速度センサをX軸を回転軸として回転したときの角速度検出動作の説明図である。

【図4】従来の2軸回りの角速度を検出する角速度センサの説明図である。

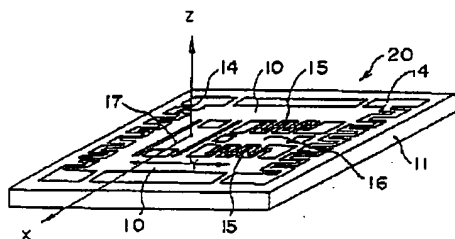
【符号の説明】

- 10 第1の振動体
- 14 第1の振動体の振動励振器
- 15 第1の振動検出器
- 10 16 第2の振動体
- 17 第3の振動体
- 22 第2の振動検出器

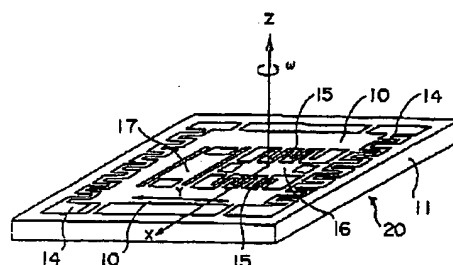
【図1】



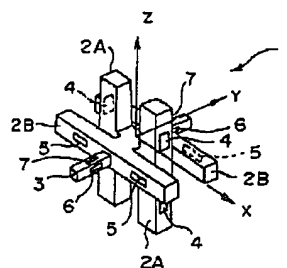
【図3】



【図2】



【図4】



フロントページの続き

(72)発明者 長谷川 友保  
京都府長岡京市天神二丁目26番10号 株式  
会社村田製作所内

(72)発明者 田中 克彦  
京都府長岡京市天神二丁目26番10号 株式  
会社村田製作所内